

PROYECTO "CUATRO CUADRANTES"

AREA METROPOLITANA, SAN JOSE

INFORME DE LABORATORIO



TOMO II

VERIFICACION DE LA COMPACTACION EN SITIO



31 DE MAYO, 1999



VERIFICACION DE DATOS DE COMPACTACION

Las verificaciones de densidad han sido realizadas mediante muestreo aleatorio en tramos de 200 a 300 metros de longitud con extracción de núcleos para calibrar la lectura del densímetro. Los muestreos que no se han realizado en forma aleatoria corresponden a solicitudes del ingeniero de proyecto o para verificación comparativa de datos con otros laboratorios que realizan control de calidad. También se han extraído bloques de pavimento de 30 cm x 30 cm para analizar la porosidad, la densidad máxima teórica y las propiedades generales y densidad real de la mezcla que se colocó en sitio.

Presentación General de Resultados

Los resultados de densidad no pueden ser resumidos en una sola calificación, ya que cada tramo o ruta analizada tiene un nivel de resultados y cumplimiento diferente. Esto sucede porque las empresas constructoras no realizan un proceso cuidadoso y disciplinado de compactación de la mezcla en forma uniforme cada día de trabajo. Tampoco se hicieron los tramos de prueba de la compactación al iniciar los proyectos para tener una referencia de la densidad que se puede obtener realmente en sitio. Esto es preocupante porque significa que las empresas no aplican los principios fundamentales de la ingeniería de pavimentos asfálticos y por lo tanto se incumple con lo que indica el cartel respectivo.

Los datos por cada ruta verificada se presentan en la Tabla #1 de resumen hasta la fecha. En cada caso se puede revisar la cantidad de puntos que cumplen con la especificación de 95% de la densidad del diseño Marshall. También se presenta el valor promedio de densidad calibrada, la desviación estándar de los datos y el coeficiente de variación. Los datos de densidad, núcleos y espesores medidos para cada ruta se presentan en las hojas subsiguientes. Los espesores reportados permiten comprobar las capas realmente colocadas en las calles donde se ha colocado pavimento.

Este tipo de control de compactación en sitio es muy preciso cuando la mezcla tiene un sistema de producción estable y uniforme. Si las propiedades de la mezcla que sale de planta tienen mucha variabilidad, el control de compactación en sitio no puede ser suficientemente preciso. Cuando la densidad máxima teórica y la densidad Marshall de la mezcla colocada presentan variaciones excesivas, resulta difícil obtener el grado de compactación verdadero de la mezcla. Sin embargo, carece de interés calificar la compactación de una mezcla que tiene mucha variabilidad en su producción, ya que esto significa un problema de cambio de propiedades que amenaza el buen comportamiento del pavimento. En estas condiciones de producción deficiente, medir la compactación es algo que ya no es necesario porque la mezcla se tiene que sustituir y se debe corregir su proceso de producción o su diseño.

Tabla No. 1

Proyecto Recarpeteo de Los Cuatro Cuadrantes de San José

Resumen de datos de verificación de compactación en sitio

Proyecto	Localización precisa	Ruta No.	fecha de visita	# lecturas densímetro	# núcleos perforados	Cant. Resultados		Dens. Prom. (kg/m ³)	Desv. Std (kg/m ³)	Coef. Var. prom/D.S.
						>= 95%	total			
Contratista: Meco										
Radial Zapote	Autopista Zapote al este	20	28 marzo 99	16	3	0	16	2167	38	1.8%
Radial Zapote	Autopista Zapote al oeste	20	28 marzo 99	16	3	3	16	2182	57	2.6%
Radial Zapote	Ranchito Registro Público		11 abril 99	15	4	2	15	2160	58	2.7%
Radial Moravia	Guadalupe-Moravia	200	24 abril 99	17	4	12	17	2243	48	2.1%
Radial Zapote	100 oeste Rest. Panchos		8 mayo 99	3	6	3	9	2217	18	0.8%
Radial Guadalupe	Magaly C.Com. Guadalupe		31 mayo 99	16	4	16	16	2287	24	1.0%
Radial San Pedro	Bco. San José B. Marisco	2	23 mayo 99	17	5	17	17	2216	58	2.6%
Guadalupe	Entrada a Clínica Católica		6 junio 99	19	6	16	19	2195	51	2.3%

subtotales 119 35

Contratista: Pedregal

Calle central	Ave. Ctral - Ave. 5	5	11 abril 99	18	4	17	18	2184	60	2.7%
Radial Tibás	Línea tren- Pops Tibás		11 abril 99	17	4	13	17	2134	70	3.3%
Calle central	Carit Catedral	5	18 abril 99	19	4	15	19	2151	65	3.0%
Calle central	Rotonda Paso Ancho*		19 abril 99	5	1	4	5			
Calle central	Bar K-mur*		19 abril 99	4	1	4	4			
Calle central	Ave.9 - Ballesteros		19 abril 99	2	1	2	2			
Calle central	100 norte Kamakiri		19 abril 99	3	1	3	3	2186	39	1.8%
Tibás	400 oeste iglesia católica		6 junio 99	20	4	20	20	2188	29	1.3%

subtotales 88 20

Contratista Pedregal

La mezcla utilizada en los meses de marzo y abril presenta problema de variabilidad excesiva de vacíos y un flujo muy elevado según las pruebas de laboratorio. La medición de densidad en sitio registró tramos con una densidad un poco baja y otros tramos con una densidad muy elevada. Esto también pone en evidencia la variabilidad de la mezcla. En las zonas de superficie porosa, la densidad es relativamente baja, mientras que en las zonas que presentan exudación de mástic asfáltico, la densidad es muy alta (a veces superior al óptimo de diseño).

El bloque de mezcla extraído de la zona cercana a la rotonda de Paso Ancho presentó valores bajos de densidad (2125 Kg/m^3) en la parte porosa y valores altos (2.270 Kg/m^3) en los puntos que muestran exudación. Resulta obvio advertir que estas variaciones son excesivas respecto al valor de diseño de mezcla.

Si se realizaran frecuentemente los tramos de prueba de compactación con esta mezcla de mucha variabilidad de propiedades, se pondría en evidencia que bajo tales condiciones de dispersión, no se puede lograr un pavimento de condiciones uniformes de compactación. En algunos tramos requeriría menor energía de compactación y en otros tramo requeriría mucha energía.

Finalmente es importante señalar que cuando la mezcla tiene problemas graves de uniformidad en su producción, como en este caso, el control de la densidad no es un parámetro dominante para calificar la mezcla. Los datos de descontrol de producción de mezcla dominan sobre los demás controles de calidad en sitio. Por ello, se realizó una inspección visual de superficie y se fotografiaron varios de los problemas que registra este pavimento hasta el 27 de abril de 1999 (exudación, deformación y porosidad muy extensa). Este informe se presenta en el anexo No.1.

La nueva mezcla diseñada a partir del final de mayo por este contratista está siendo colocada muy recientemente y todavía no se cuenta con datos de laboratorio suficientes para calificarla. Se hará un seguimiento detallado en laboratorio y en sitio para analizar su comportamiento y verificar si han mejorado sus propiedades. Se han tomado algunas fotografías en sitios seleccionados donde hay tránsito vehicular importante para evaluar el desempeño del pavimento dentro de 2 o 3 meses.

El valor de la densidad Marshall de la nueva mezcla no es conocido con certeza todavía, ya que el informe de diseño de mezcla presentado tiene algunas omisiones. El valor de densidad Marshall se cree que es 2220 Kg/m^3 , pero si no es así se podría afectar el grado de compactación que se reporta en las últimas verificaciones de mayo y junio para la empresa Pedregal.

Verificación de compactación

Cuadrante Noroeste



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	<u>5</u>	Fecha:	<u>11/4/99</u>
Nombre de la ruta:		Hora:	<u>10:50 AM</u>
Sección de control		Densímetro:	<u>2/12/05</u>
Contratista: PEDREGAL	Planta: PEDREGAL	Licitación #:	<u>-</u>
Fecha de inicio de proyecto:		Zona #:	<u>1-1</u>
Tramo de verificación			
Estación inicial:	<u>Caribeños LINACO</u>		
Estación final:	<u>Esquina sur de Pops en Tibás</u>		
Profundidad de medición:	<u>5 cm</u>	Tiempo lectura:	<u>30 segundos</u>
Densidad óptima Marshall:	<u>2212</u>	No. lecturas:	<u>4</u>
Método de muestreo:	<u>Aleatoria</u>		
Uso de arena:	<u>Sí</u>		

Estación	Bache # o Punto #	Densidad (kg/m3) Prom. Nuclear	Núcleo	Espesor de núcleo: (cm)	Densidad calibrada	% de compactación
0+000	1	2102	2172	12.0	2172	98.2
0+020	2	2054			2160	97.6
0+035	3	2016			2120	95.8
0+050	4	1994			2097	94.8
0+060	5	2060	2185	9	2185	98.8
0+080	6	2082			2189	99.0
0+095	7	2084			2191	99.1
0+110	8	2134			2244	101.4
0+130	9	2106			2214	100.1
0+150	10	2023	2157	9.5	2157	97.5
0+160	11	1906			2004	90.6
0+170	12	1897			1995	90.2
0+185	13	1945			2045	92.5
0+200	14	2020			2124	96.0
0+230	15	1994	2085	11.5	2085	94.3
0+245	16	2026			2130	96.3
0+260	17	2062			2168	98.0
	Promedio	2030	2150	11	2134	96.5
	Desv. Std.	67.61	44.66	1.47	70.52	3.19
	Máximo	2134	2185	12	2244	101
	Mínimo	1897	2085	9	1995	90

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	<u>5</u>	Fecha:	<u>11/4/99</u>
Nombre de la ruta:	Calle cero	Hora:	<u>8:50 AM</u>
Sección de control		Densímetro:	<u>2/12/05</u>
Contratista: PEDREGAL	Planta: PEDREGAL	Licitación #:	<u>-</u>
Fecha de inicio de proyecto:	<u>-</u>	Zona #:	<u>1-1</u>
Tramo de verificación			
Estación inicial:	<u>Heladería Holanda, (avenida central)</u>		
Estación final:	<u>Esquina norte del Hotel Europa</u>		
Profundidad de medición:	<u>5 cm</u>	Tiempo lectura:	<u>30 segundos</u>
Densidad óptima Marshall:	<u>2212</u>	No. lecturas:	<u>4</u>
Método de muestreo:	<u>Aleatoria</u>		
Uso de arena:	<u>Sí</u>		

Estación	Bache # o Punto #	Densidad (kg/m3) Prom. Nuclear	Núcleo	Espesor de núcleo: (cm)	Densidad calibrada	% de compactación
0+015	1	2145	2180	5.0	2180	98.6
0+025	2	2015			2092	94.6
0+040	3	2116			2197	99.3
0+050	4	2138			2219	100.3
0+060	5	2178	2246	5.6	2246	101.5
0+075	6	2084			2163	97.8
0+100	7	2172			2255	101.9
0+110	8	2081	2204	11.0	2204	99.6
0+120	9	2012			2089	94.4
0+130	10	2114			2195	99.2
0+140	11	2156			2238	101.2
0+150	12	2031			2108	95.3
0+190	13	2150			2232	100.9
0+205	14	2087			2167	97.9
0+220	15	2031	2124	8.5	2124	96.0
0+230	16	2018			2095	94.7
0+240	17	2162			2244	101.5
0+250	18	2178			2261	102.2
	Promedio	2104	2189	8	2184	98.7
	Desv. Std.	60.63	50.92	2.78	59.99	2.71
	Máximo	2178	2246	11	2261	102
	Mínimo	2012	2124	5	2089	94

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta # <u>5</u>	Fecha: <u>6-Jun-99</u>
Nombre de la ruta: <u>Santo Domingo - Tibás</u>	Hora: <u>9:00 AM</u>
Sección de control: <u>400 metros oeste Iglesia Catolica</u>	Densímetro: <u>1870</u>
Contratista: <u>Pedregal</u>	Cuadrante: <u>Noroeste</u>
Tramo de verificación	
Estación inicial: <u>Muebles Nuevo Concepto</u>	
Estación final: <u>Bar</u>	
Sentido: <u>Santo Domingo - Tibás</u>	
Profundidad de medición (cm): <u>6.0</u>	Tiempo lectura: <u>0.5 minutos</u>
Densidad óptima Marshall (kg/m³): <u>2220</u>	No. lecturas: <u>4</u>
Uso de arena: <u>Si</u>	

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1	2162	2155	10.0	2155	97.1
0+025	2	2129			2159	97.3
0+065	3	2161			2192	98.7
0+085	4	2172	2195	8.0	2195	98.9
0+105	5	2210			2241	101.0
0+130	6	2170			2201	99.1
0+170	7	2106	2184	9.0	2184	98.4
0+190	8	2148			2179	98.1
0+205	9	2177			2208	99.5
0+230	10	2130			2160	97.3
0+265	11	2103			2133	96.1
0+290	12	2132			2162	97.4
0+320	13	2119			2149	96.8
0+350	14	2183			2214	99.7
0+355	15	2143	2170	7.5	2170	97.7
0+365	16	2186			2217	99.9
0+368	17	2178			2209	99.5
0+370	18	2182			2213	99.7
0+392	19	2146			2177	98.0
0+395	20	2201			2232	100.6
Promedio		2157	2176	8.6	2188	98.5
Desv. Std.		30.49	17.34	1.11	29.45	1.33
Máximo		2210	2195	10.0	2241	101
Mínimo		2103	2155	7.5	2133	96

Descripción del tramo verificado : El tramo en estudio abarcó cuatro cuadras hacia el este a partir de la estación inicial, en la última cuadra se verificó sobre las marcas dejadas por otro laboratorio, estos puntos corresponden a las lecturas # 15, 16 17, 18 y 19.

Verificación de compactación

Cuadrante Suroeste



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta # _____	Fecha:	18-Apr-99
Nombre de la ruta: <u>Carit - Catedral</u>	Hora:	9:00 PM
Sección de control: <u>NI</u>	Densimetro:	1869
Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal</u>	Cuadrante:	Suroeste
Fecha de inicio de proyecto: <u>NI</u>		
Tramo de verificación		
Estación inicial: <u>Banco Nacional - Taberna Margarita</u>		
Estación final: <u>0+435</u>		
Sentido: <u>Sur a Norte</u>		
Profundidad de medición (cm): <u>4.5</u>	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m ³): <u>2212</u>	No. lecturas:	3
Uso de arena: <u>SI</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+015	1	2260	2219	5.0	2219	100.3
0+025	2	2244			2232	100.9
0+060	3	2068			2057	93.0
0+070	4	2204			2192	99.1
0+115	5	2178			2166	97.9
0+125	6	2202			2190	99.0
0+155	7	2129			2118	95.7
0+165	8	2198			2186	98.8
0+215	9	2166	2173	9.5	2173	98.2
0+225	10	2138			2127	96.1
0+230	11	2145			2134	96.5
0+255	12	2042	2062	4.6	2062	93.2
0+265	13	2015			2004	90.6
0+270	14	2262			2250	101.7
0+375	15	2209			2197	99.3
0+380	16	2185			2173	98.3
0+420	17	2108	2074	6.0	2074	93.8
0+430	18	2182			2170	98.1
0+435	19	2149			2138	96.6
Promedio		2162	2132	6.3	2151	97.2
Desv. Std.		68.43	76.41	2.23	64.82	2.93
Máximo		2262	2219	9.5	2250	102
Mínimo		2015	2062	4.6	2004	91

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta # _____	Fecha:	19-Apr-99
Nombre de la ruta: <u>Rotonda Paso Ancho - Tibás</u>	Hora:	9:00 PM
Sección de control: <u>NI</u>	Densímetro:	1869
Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal</u>	Cuadrante:	SW y NW
Fecha de inicio de proyecto: <u>NI</u>		
Tramo de verificación		
Estación inicial: <u>Rotonda de Paso Ancho y Bar Ballestero</u>		
Estación final: <u>NA</u>		
Sentido: <u>Sur a Norte</u>		
Profundidad de medición (cm): <u>7.0 (4.5 en puntos del 1 al 5)</u>	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m ³): <u>2212</u>	No. lecturas:	3
Uso de arena: <u>SI</u>		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
Rotonda	1	2087	2137	5.0	2137	96.6
0+010	2	2118			2167	98.0
0+025	3	2137			2187	98.9
0+030	4	2116			2165	97.9
0+060	5	2042			2089	94.5
K-mur	6	2118	2193	9.0	2193	99.1
1+010	7	2146			2196	99.3
1+030	8	2143			2193	99.1
1+040	9	2138			2188	98.9
Ballestero	10	2196	2181	8.0	2181	98.6
0+020	11	2183			2234	101.0
Kamakiri	12	2150	2237	9.5	2237	101.1
1+410	13	2180			2231	100.8
1+500	14	2159			2209	99.9
Promedio		2137	2187	7.9	2186	98.8
Desv. Std.		40.10	41.12	2.02	39.36	1.78
Máximo		2196	2237	9.5	2237	101
Mínimo		2042	2137	5.0	2089	94

Nota: Este muestreo fue dirigido por el ingeniero de proyecto en 4 estaciones diferentes de la calle central.

Contratista Meco

Esta mezcla presenta mejor uniformidad de propiedades en su producción. En los primeros tramos construidos que se midieron, el nivel de compactación medido estuvo por debajo de lo solicitado en todos los tramos verificados. En este caso también ocurre que la empresa no hace tramos de prueba para tener bajo control el proceso de compactación y la densidad cada día de trabajo. En los últimos tramos verificados, la compactación registra mejores valores dentro de la especificación, lo cual hace suponer que han empezado a poner más esfuerzo en el proceso de compactación.

Un bloque de mezcla extraído en la radial Zapote (100 oeste de Rest. Panchos) indica valores de densidad relativamente uniformes y semejantes al diseño de mezcla presentado, pero una compactación insuficiente para cumplir con la especificación del 95% de densidad Marshall. En este sitio se hizo también una comprobación conjunta de datos con el laboratorio privado que permitió demostrar que pueden haber errores de calibración y de control de calidad de parte del laboratorio privado que atiende este proyecto (sobre esto se hizo el informe correspondiente, ver anexo No.2)

En el campo, se han notado algunas zonas longitudinales a manera de carriles angostos de textura porosa que parecen asociados con problemas de la colocación de la mezcla con la pavimentadora o de limpieza de la misma. Esto se nota en la radial Zapote y con el diseño de mezcla vigente entre marzo y abril de 1999.

También se han observado sitios con defectos superficiales en juntas longitudinales donde la mezcla colocada no drena el agua de lluvia y se producen empozamientos después de lluvias fuertes, por ejemplo a 200 metros este de Plaza Viquez.

En una visita de auscultación realizada el 6 de junio de 1999 en la autopista y la radial Zapote, se pudieron identificar zonas porosas por donde penetra agua en la capa asfáltica. También se nota alguna exudación incipiente de mástic asfáltico en las huellas de paso de los vehículos que sugiere que se pueden presentar problemas prematuros en la mezcla colocada. Estas manifestaciones se están presentando tres meses después de colocada la mezcla y coinciden con algunas pruebas de laboratorio que indicaban descontrol de granulometría en varias mallas, sin embargo, todavía no son manifestaciones muy evidentes en todo el pavimento. Se dará seguimiento visual a esta mezcla para corroborar su comportamiento a los 6 meses de colocada y posteriormente. Se elaboró un video con algunas de estas manifestaciones para su seguimiento posterior.

Verificación de compactación

Cuadrante Sureste



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	<u>20</u>	Fecha:	<u>28-Mar-99</u>
Nombre de la ruta:	Radial Zapote hacia el oeste	Hora:	<u>8:00 AM</u>
Sección de control		Densímetro:	<u>2/12/05</u>
Contratista: MECO	Planta: MECO	Licitación #:	<u>cuadrantes SJ</u>
Fecha de inicio de proyecto:	<u>ni</u>	Zona #:	<u>radial Zapote</u>
Tramo de verificación			
Estación inicial:	<u>Colegio de Abogados (parada buses)</u>		
Estación final:	<u>0+150</u>		
Profundidad de medición:	<u>5</u>	Tiempo lectura:	<u>1 minuto</u>
Densidad óptima Marshall:	<u>2363</u>	No. lecturas:	<u>4</u>
Método de muestreo:	<u>aleatorio</u>		
Uso de arena:	<u>si</u>		

Estación	# Bache o Punto	#	Densidad (kg/m3)		Espesor de núcleo: (cm)	Densidad calibrada	% de compactación
			Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1		2158	2167	10.0	2167	91.7
0+010	2		2088			2118	89.6
0+020	3		2090			2120	89.7
0+030	4		2232			2264	95.8
0+040	5		2256			2288	96.8
0+050	6		2153			2183	92.4
0+060	7		2171			2202	93.2
0+070	8		2144	2238	5.8	2238	94.7
0+080	9		2174			2205	93.3
0+090	10		2178			2209	93.5
0+100	11		2196			2227	94.2
0+110	12		2106			2136	90.4
0+120	13		2143	2131	7.5	2131	90.2
0+130	14		2066			2095	88.7
0+140	15		2097			2127	90.0
0+150	16		2178			2209	93.5
	Promedio		2152	2179	8	2182	92.4
	Desv. Std.		52.9	54.4	2.1	57.1	2.4
	Máximo		2256	2238	10	2288	97
	Mínimo		2066	2131	6	2095	89

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	<u>20</u>		Fecha:	<u>28-Mar-99</u>
Nombre de la ruta:	Radial Zapote hacia el Este		Hora:	<u>11:00 AM</u>
Sección de control			Densímetro:	<u>2/12/05</u>
Contratista: Meco	Planta:	Meco	Licitación #:	<u>cuadrantes</u>
Fecha de inicio de proyecto:	<u>NI</u>		Zona #:	<u>Zapote pista</u>
Tramo de verificación				
Estación inicial:	<u>Iglesia Evangelica Principe de Paz (0+800)</u>			
Estación final:	<u>0+300</u>			
Profundidad de medición:	<u>5</u>		Tiempo lectura:	<u>1 minuto</u>
Densidad óptima Marshall:	<u>2363</u>		No. lecturas:	<u>4</u>
Método de muestreo:	<u>aleatorio</u>			
Uso de arena:	<u>SI</u>			

Estación	# Bache o Punto	#	Densidad (kg/m3)		Espesor de núcleo: (cm)	Densidad calibrada	% de compactación
			Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1		2134	2134	6.0	2134	90.3
0+020	2		2197			2217	93.8
0+040	3		2176			2196	92.9
0+060	4		2106			2125	89.9
0+080	5		2164			2184	92.4
0+100	6		2177	2198	5.5	2198	93.0
0+120	7		2114			2133	90.3
0+140	8		2095			2114	89.5
0+160	9		2170			2190	92.7
0+180	10		2105			2124	89.9
0+200	11		2151			2170	91.8
0+220	12		2180	2218	5.5	2218	93.9
0+240	13		2090			2109	89.2
0+260	14		2172			2192	92.7
0+280	15		2150			2169	91.8
0+300	16		2186			2206	93.3
	Promedio		2148	2183	6	2167	91.7
	Desv. Std.		35.55	43.88	0.29	38.14	1.61
	Máximo		2197	2218	6	2218	94
	Mínimo		2090	2134	6	2109	89

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	NI	Fecha:	11-Apr-99
Nombre de la ruta:	Ranchito - Registro Público	Hora:	7:30 AM
Sección de control:	NI	Densímetro:	2031
Contratista:	Meco	Planta: Meco	Cuadrante: Sureste
Fecha de inicio de proyecto:	NI		
Tramo de verificación			
Estación inicial:	75m E del Ranchito		
Estación final:	0+460		
Sentido:	Este a Oeste		
Profundidad de medición (cm):	5.0	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m ³):	2363	No. lecturas:	4
Uso de arena:	SI		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1	2002	2107	4.5 + 8.0	2107	90.0
0+020	2	1970			2127	90.0
0+080	3	2042			2205	93.3
0+110	4	2100			2268	96.0
0+130	5	2025	2166	4.0+5.0+9.0	2166	91.7
0+170	6	2084			2250	95.2
0+230	7	2044			2207	93.4
0+250	8	2012			2173	91.9
0+275	9	1925	2062	4.0+5.0+8.5	2062	90.0
0+290	10	2002			2162	91.5
0+370	11	2033			2195	92.9
0+385	12	1988			2147	90.9
0+430	13	1869	2105	5.0+5.0	2105	90.0
0+445	14	1961			2118	90.0
0+460	15	1954			2110	90.0
Promedio		2001	2110		2160	91.8
Desv. Std.		59.81	42.72		57.62	1.99
Máximo		2100	2166		2268	96
Mínimo		1869	2062		2062	90

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta # <u>2</u>	Fecha: <u>23-5-99</u>
Nombre de la ruta: <u>Fuentes de Montes de Oca - Curridabat</u>	Hora: <u>8:15 AM</u>
Sección de control: <u>19006</u>	Densímetro: <u>1870</u>
Contratista: <u>Meco</u>	Cuadrante: <u>Sureste</u>
Fecha de inicio de proyecto: _____	
Tramo de verificación	
Estación inicial: <u>Banco de San Jose (Curridabat)</u>	
Estación final: <u>Frente al Balcón del Marisco</u>	
Sentido: <u>Este a Oeste</u>	
Profundidad de medición (cm): <u>6.0</u>	Tiempo lectura: <u>0.5 minutos</u>
Densidad óptima Marshall (kg/m ³): <u>2258</u>	No. lecturas: <u>4</u>
Uso de arena: <u>SI</u>	

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1	2202	2271	11.0	2271	100.6
0+015	2	2263			2285	101.2
0+030	3	2230			2252	99.7
0+035	4	2191			2212	98.0
0+047	5	2130	2142	16.0	2142	94.9
0+057	6	2303			2325	103.0
0+075	7	2275			2297	101.7
0+095	8	2124			2145	95.0
0+118	9	2156	2154	3.5+10	2154	95.4
0+230	10	2167			2188	96.9
0+270	11	2199	2214	7.0	2214	98.1
0+320	12	2192			2213	98.0
0+355	13	2122			2143	94.9
0+375	14	2194			2215	98.1
0+390	15	2126			2147	95.1
0+410	16	2223			2245	99.4
0+450	17	2204	2217	18.0	2217	98.2
Promedio		2194	2200	13.0	2216	98.1
Desv. Std.		53.92	52.45	4.97	58.01	2.57
Máximo		2303	2271	18.0	2325	103
Mínimo		2122	2142	7.0	2142	95

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Verificación de compactación

Cuadrante Noreste



Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #	200	Fecha:	24-4-99
Nombre de la ruta:	Guadalupe - San Vicente de Moravia	Hora:	8:00 AM
Sección de control:	19040	Densímetro:	1870
Contratista:	Meco	Planta: Meco	Cuadrante: Noreste
Fecha de inicio de proyecto:	_____		
Tramo de verificación	_____		
Estación inicial:	Lavacar (Guadalupe)		
Estación final:	Gimnasio Biodeportes (Moravia)		
Sentido:	Sur a Norte		
Profundidad de medición (cm):	6.0	Tiempo lectura:	0.5 minutos
Densidad óptima Marshall (kg/m ³):	2336	No. lecturas:	4
Uso de arena:	Sí		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+005	1	2196	2195	6.0	2195	94.0
0+025	2	2233			2273	97.3
0+100	3	2204			2244	96.0
0+120	4	2230			2270	97.2
0+140	5	2251	2304	6.0	2304	98.6
0+160	6	2246			2286	97.9
0+170	7	2180			2219	95.0
0+200	8	2238	2283	6.5	2283	97.7
0+220	9	2263			2304	98.6
0+240	10	2154			2193	93.9
0+260	11	2196			2235	95.7
0+290	12	2268			2309	98.8
0+330	13	2202	2265	6.0	2265	97.0
0+350	14	2150			2189	93.7
0+400	15	2185			2224	95.2
0+425	16	2142			2180	93.3
0+460	17	2124			2162	92.6
Promedio		2204	2262	6.1	2243	96.0
Desv. Std.		43.98	47.27	0.25	47.79	2.05
Máximo		2268	2304	6.5	2309	99
Mínimo		2124	2195	6.0	2162	93

Nota: Recuerde que estos datos son de verificación aleatoria solamente en un tramo de ruta. La empresa constructora debe presentar sus propios datos en forma aleatoria conforme a la página 99 del cartel para demostrar la calidad de sus trabajos.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #		Fecha:	31-May-99
Nombre de la ruta:	Magaly - Centro Comercial Guadalupe	Hora:	8:00 AM
Sección de control:		Densímetro:	2031
Contratista:	Meco	Cuadrante:	Noreste
Tramo de verificación			
Estación inicial:	Magaly		
Estación final:	Colegio México		
Sentido:	Sur a Norte		
Profundidad de medición (cm):	5.0	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m³):	2363	No. lecturas:	4
Uso de arena:	Sí		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+000	1	2198	2336	14.0	2336	98.9
0+010	2	2164			2289	96.9
0+040	3	2170			2296	97.1
0+050	4	2127			2250	95.2
0+080	5	2129	2304	12.5	2304	97.5
0+090	6	2172			2298	97.2
0+150	7	2225	2306	12.5	2306	97.6
0+160	8	2182			2308	97.7
0+210	9	2169			2294	97.1
0+220	10	2172			2298	97.2
0+300	11	2178	2287	12.5	2287	96.8
0+310	12	2125			2248	95.1
0+400	13	2148			2272	96.2
0+410	14	2137			2261	95.7
0+600	15	2131			2254	95.4
0+610	16	2166			2291	97.0
	Promedio	2162	2308	12.9	2287	96.8
	Desv. Std.	27.95	20.37	0.75	24.16	1.02
	Máximo	2225	2336	14.0	2336	99
	Mínimo	2125	2287	12.5	2248	95

Descripción del tramo verificado : Aún no se ha terminado la totalidad del tramo.
 Básicamente se muestreó en el sentido Magaly hacia el Centro Comercial de Guadalupe, entre el centro de la carretera y la orilla. Falta de cubrir los carriles del sentido opuesto que al momento del muestreo, no se había terminado.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Cuatro Cuadrantes
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Ruta #		Fecha:	6-Jun-99
Nombre de la ruta:	Clínica Católica - Ruta Principal a Guadalupe	Hora:	8:00 AM
Sección de control:		Densímetro:	2031
Contratista:	Meco	Cuadrante:	Noreste
Tramo de verificación			
Estación inicial:	Clínica Católica		
Estación final:	Ruta principal a Guadalupe		
Sentido:	Norte a Sur		
Profundidad de medición (cm):	5.0	Tiempo lectura:	30 segundos
Densidad óptima Marshall (kg/m³):	2258	No. lecturas:	4
Uso de arena:	SI		

Estación	# bache o # punto	Densidad (kg/m ³)		Espesor del núcleo (cm)	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+010	1	1991			2112	93.5
0+020	2	2127	2230	7.0	2230	98.8
0+050	3	2071			2197	97.3
0+065	4	2075			2201	97.5
0+100	5	2082	2175	6.5	2175	96.3
0+110	6	2023			2146	95.0
0+115	7	2070			2195	97.2
0+200	8	2092	2237	6.5	2237	99.1
0+210	9	2044			2168	96.0
0+215	10	2062			2187	96.9
0+275	11	2068	2221	5.5	2221	98.4
0+285	12	2126			2255	99.9
0+290	13	2044			2168	96.0
0+340	14	2057	2190	8.0	2190	97.0
0+350	15	1988			2109	93.4
0+355	16	2009			2131	94.4
0+450	17	2170	2306	7.0	2306	102.1
0+460	18	2114			2242	99.3
0+465	19	2110			2238	99.1
Promedio		2070	2227	6.8	2195	97.2
Desv. Std.		47.76	45.73	0.82	50.89	2.25
Máximo		2170	2306	8.0	2306	102
Mínimo		1988	2175	5.5	2109	93

Descripción del tramo verificado : Había material de escombros y mezcla en los caños.

El acabado se ve bien.

Verificaciones conjuntas

Las mediciones conjuntas que se realizaron con un laboratorio privado mostraron que existe cierta probabilidad de que los datos que suministran estos laboratorios tengan errores de calibración o interpretación y de representatividad porque no se tiene cuidado con los espesores que se miden y porque no se aplica el concepto de muestreo aleatorio. Sin un entrenamiento sólido de los técnicos en estos temas, los reportes que se reciben de ese laboratorio son poco significativos para garantizar la calidad de la compactación en sitio de un proyecto. En el anexo No.2 se puede consultar el informe enviado al MOPT respecto a la verificación conjunta de compactación hecha con el laboratorio Vieto & Asociados.

En este momento, lo más preocupante es que el laboratorio privado reporta resultados de densimetría sin tener núcleos suficientes de calibración entre sus datos y sin demostrar que hace mediciones seleccionadas aleatoriamente. La experiencia del Lanamme es que, debido a la variabilidad en la producción de mezclas en este país, los densímetros requieren de calibración frecuente con núcleos para brindar resultados confiables

ANEXO 1

DATOS DE AUSCULTACION EN CALLE CENTRAL DE SAN JOSE

Universidad de Costa Rica

**Laboratorio Nacional de Materiales y
Modelos Estructurales**

**Programa de Infraestructura de
Transportes**

**Informe de Inspección de Pavimento en
Rehabilitación de Calle Central**

**Proyecto Rehabilitación de los Cuatro
Cuadrantes de San José, MOPT**

Abril 1999

INFORME DE SITUACION DE PAVIMENTO DE CALLE CENTRAL

DIA 27 DE ABRIL DE 1999

RECORRIDO: DESDE ROTONDA PASO ANCHO HASTA TIBAS (CENTRO COMERCIAL DEL NORTE)

Ingenieros de inspección: Marcos E. Rodríguez, Daniel Solís

En el recorrido de inspección técnica del pavimento colocado en la calle central de San José y sus prolongaciones al norte y al sur se recopilaron las observaciones técnicas que se presentan en este informe. La figura siguiente presenta los puntos o estaciones de observación que presentan aspectos particularmente preocupantes.

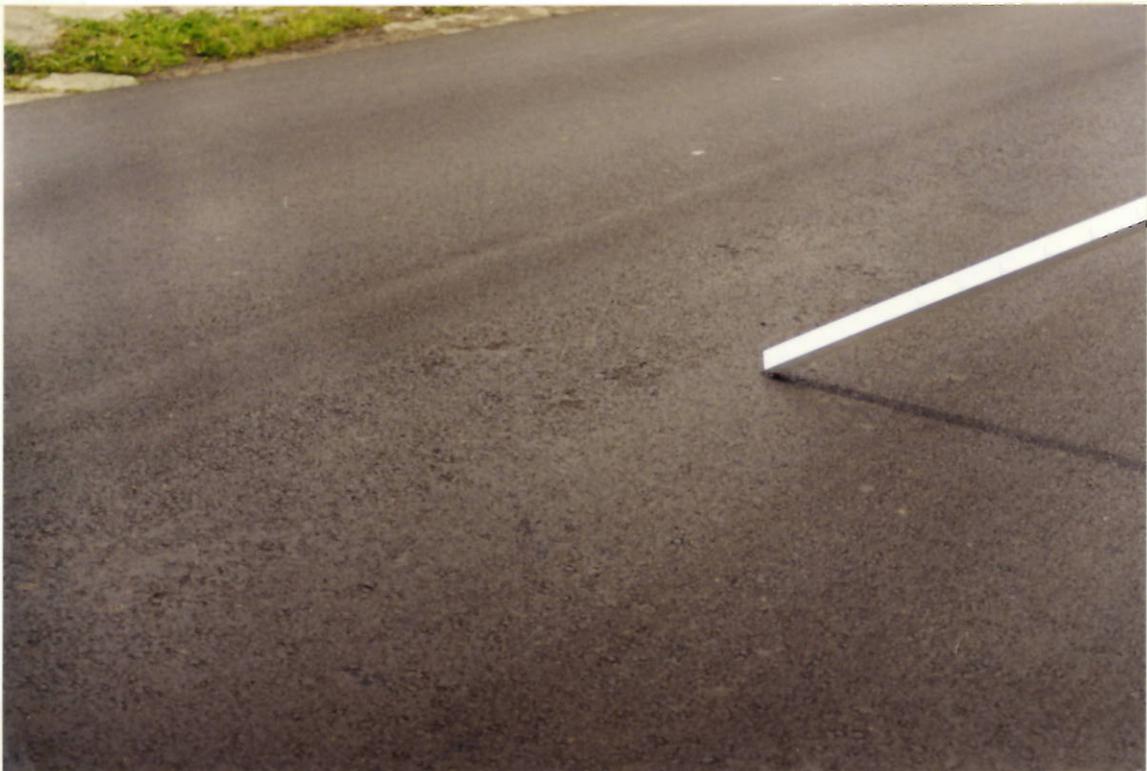


NUCLEO	UBICACION
1	100 m norte Rot. Paso Ancho
2	Frente bodega Improsa
3	Frente Educación Vial
4	Frente Clínica Carit.
5	Esq. noreste Est. al Pacífico
6	Esq. suroeste Clínica Bíblica
7	Frente Iglesia de La Dolorosa
8	Esq. noroeste Iglesia El Carmen
9	50 m Norte antiguo Bar Ballestero
10	Frente al Complejo Kamakiri
11	100 m Norte de la línea del tren
12	30 m Sur Autorama, Tibas

Estación No.1: 100 metros norte de la rotonda Paso Ancho. Se observan secciones muy porosas por las cuales se aprecia agua que está atrapada dentro de la mezcla y que lentamente se va evaporando y sube por calentamiento del sol. Los agujeros de núcleos perforados en esta estación se han cerrado parcialmente por el flujo plástico de la mezcla. En la proximidad de la parada de autobuses se observaron algunas deformaciones longitudinales del pavimento de 1.5 cm medidas con codal de 3 metros. También hay deformaciones transversales en el borde derecho (sentido hacia San José). Las juntas longitudinales de colocación con la pavimentadora se observan muy brillantes, lo cual se puede asociar con el efecto de compactación en los bordes de junta en combinación con un riego excesivo de ligante y una labor deficiente de rastrilleo de los bordes. Esto es característico en todo el recorrido de este proyecto y también contribuye al flujo plástico de esta mezcla.



Estación No.2: Frente a bodega #4 de Improsa carretera Paso Ancho. Se observan secciones muy porosas por donde se aprecia agua atrapada en la mezcla que sale a la superficie. Se nota la salida incipiente de mástico asfáltico en las huellas de las llantas por la acción que produce el tránsito sobre la mezcla. Este fenómeno se extiende por unos 200 metros de longitud en esta estación. Hay algunas marcas de deterioro o desprendimiento de agregados de la superficie y casi todo este tramo muestra una superficie abierta carente de finos.



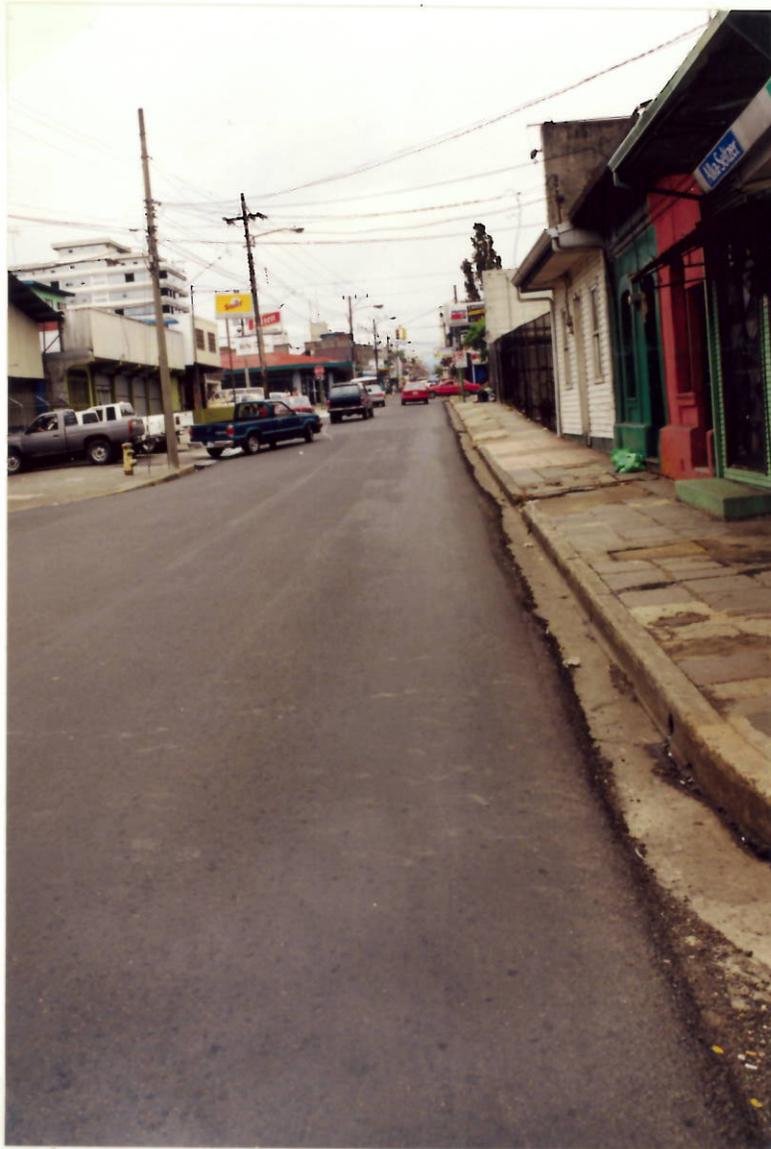
Estación No. 3: 25 metros sur de Escuela de Educación Vial del INA. Se observa una mancha de mástico asfáltico muy definida en la curva . El pavimento luce brillante y liso en esta sección de aproximadamente 10 metros de longitud y 30 cm de ancho en la huella derecha de las llantas. Estas manchas aparecen con más facilidad en los sitios donde el tránsito impone fuerzas estáticas semi-permanentes o cambios de dirección del flujo, como por ejemplo en pendientes fuertes, zonas de giro, semáforos, altos y paradas de autobuses.



Estación No. 4: Frente a Clínica Carit. Se notan muy definidas tres marcas longitudinales de mástico asfáltico exudado de unos 90 metros de longitud en el carril de ascenso hacia San José. El tránsito que se detiene en este semáforo está acelerando el fenómeno de exudación. No se evidencia todavía ninguna deformación longitudinal ni transversal. También hay otra área de exudación de asfalto en el carril de descenso cerca de la parada, pero tiene menor longitud.



Estación No. 5: Esquina Noreste de la Estación Ferroviaria al Pacífico. Se nota una zona de exudación de asfalto en la huella derecha del tránsito que se extiende por unos 80 metros y tiene unos 50 cm de ancho en forma regular. La huella de la llanta izquierda también empieza a definirse en algunas sectores y con menor ancho.



Estación No. 6: Esquina Suroeste de la Clínica Bíblica. Se aprecia la zona de exudación de asfalto de unos 60 m de longitud en la huella de la llanta derecha y ligeramente en la izquierda. Hay secciones porosas donde se observa agua atrapada que sale por la superficie.



Estación No. 7: Frente a la Iglesia Dolorosa. Se aprecian zonas pequeñas de exudación y aisladas en varias cuadras anteriores y siguientes hasta el cine Metropolitan. Debido a su pequeño tamaño se hace muy difícil registrar cada una.



Estación No. 8: Esquina Noroeste de Iglesia El Carmen. Se aprecia una zona de exudación de asfalto de unos 10 metros de longitud por 1.50 m de ancho en la interfase entre pavimento de concreto (avenida 3) y el pavimento de asfalto (calle central). Esta mancha se acelera por el constante giro de autobuses de las rutas de Guadalupe en esta intersección. También hay otra zona de exudación de 2 m por 0.50 de ancho muy definida frente al Hotel Europa. En la cuadra siguiente al norte hay por lo menos tres zonas exudadas similares y en la intersección con la avenida 7. Se observan también varias zonas porosas por donde sale agua atrapada en el pavimento.



Estación No. 9: 50 metros al norte del antiguo Bar Balletero (avenida 9). Se nota una zona de exudación de asfalto de 3 metros por 80 cm de ancho. El MOPT tomó algunos núcleos allí y los agujeros se han cerrado lentamente debido al flujo plástico. No se notan deformaciones longitudinales ni transversales (solamente en los agujeros de los núcleos).



Estación No. 10: Frente al complejo Kamakiri. Se notan dos secciones exudadas muy definidas y de textura lisa de unos 4 metros de longitud y 60 cm de ancho pocos metros antes de la intersección existente. Los vehículos que vienen a alta velocidad y frenan para girar a la derecha han acentuado el fenómeno de exudación de asfalto. Se notan otras zonas pequeñas de exudación que empiezan a aparecer en el carril contiguo (sentido hacia San José).



Estación No. 11. 100 metros después de cruzar la línea férrea. Se observan zonas porosas y grandes de extensión en donde se aprecia agua por el calentamiento del sol. Se nota como esta agua baja por gravedad dentro de la capa y aflora cerca de las juntas de construcción de un paño y el siguiente. Esto ocurre porque las juntas tienen menor permeabilidad ya que el riego de ligante y el efecto de compactación contra los bordes escarificados sella los poros de la mezcla. Se nota la formación incipiente de zonas brillantes longitudinales por el mástico asfáltico que tiende a salir en las huellas de paso del tránsito. También se observan dos sitios por donde sale agua por la interfase entre la carpeta nueva y la original hacia la cuneta.



Estación No. 12. 30 metros antes de Autorama, carretera a Tibás. Se observa una fuga de agua (eso se cree) bajo el pavimento y el agua aflora con flujo continuo muy claro en la superficie en el centro de la calle. Esto denota la permeabilidad de esta mezcla. Se empieza a notar una superficie más brillante en las huellas de paso de vehículos por la salida del mástico asfáltico. Es probable que esta mancha se magnifique con el paso del tiempo porque este tramo tiene solamente 15 días de colocado.

Hay un tramo de 5 m de longitud por 4 metros de ancho donde no se colocó mezcla alguna. Se observó una fuga que no ha sido reparada todavía y que probablemente hizo que se dejara este tramo sin capa de cubrimiento. Sin embargo, este vacío de 8 cm en el pavimento puede provocar problemas de seguridad y deterioro a los vehículos.



Comentarios finales

En este momento el fenómeno de exudación de mástico asfáltico (finos con asfalto) se aproxima al 5% del área total pavimentada, no obstante este fenómeno se irá incrementando en severidad y amplitud en los próximos meses y se supone que en un pavimento asfáltico esta situación no debe presentarse del todo.

Al momento de realizar esta inspección no se observaron deformaciones de tipo rodera o ahuellamiento ni desplazamiento lateral de la mezcla. No obstante el flujo plástico observado en los sitios donde se extrajeron núcleos es un indicador de que esta mezcla es susceptible de sufrir deformaciones permanentes prematuras (en decir durante el primer año de colocada). El flujo plástico elevado se evidenció de las pruebas de laboratorio realizadas con esta mezcla.

En las zonas donde se presenta exudación, la textura superficial es lisa. De acuerdo con la normativa internacional, los pavimentos lisos no se deben aceptar, especialmente por razones de seguridad (son pavimentos deslizantes).

En las áreas porosas, que componen un porcentaje significativo del pavimento observado, el agua penetra fácilmente y produce envejecimiento prematuro de la mezcla asfáltica. Si el agua penetra, con mayor facilidad penetran el aire y la radiación solar. Las consecuencias de este fenómeno pueden ser el desprendimiento superficial de agregados, envejecimiento acelerado del ligante y fisuramiento de la capa. Adicionalmente, las zonas porosas y las zonas exudadas ponen de manifiesto la falta de uniformidad de esta mezcla colocada. Esta falta de uniformidad también ha sido claramente establecida en los ensayos de laboratorio realizados con la mezcla.

El flujo plástico, la exudación de mástico, la porosidad, la textura superficial lisa y la falta de uniformidad de la mezcla colocada son las características observadas en esta inspección realizada entre 20 y 40 días después de realizados los trabajos. Obviamente, bajo estas condiciones no se puede esperar un comportamiento adecuado de este pavimento a un año de vida y muchos menos a 3 o 4 años de servicio.

ANEXO 2

**INFORME DE RESULTADOS DE MEDICION CONJUNTA
LANAMME - VIETO & ASOC.**



MEMORANDUM



PARA: Ing. Fernando Rodríguez
Director de Conservación Vial, MOPT

De: Ing. Marcos E. Rodríguez, Lanamme, UCR
Proyecto de Recarpeteo de San José (Cuatro Cuadrantes)

Asunto: Comprobación de bache de prueba y muestreo conjunto de densidad

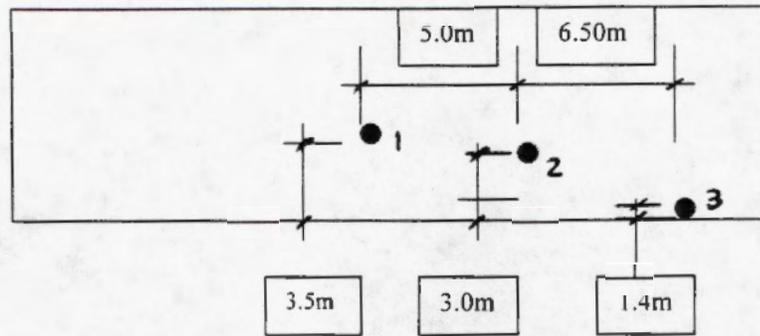
Fecha: 25 de mayo de 1999

El sábado 8 de mayo se coordinó una medición conjunta de densidad con el laboratorio Vieto & Asociados, cerca de la rotonda Zapote. El objetivo de esta actividad era corroborar los datos reportados por el laboratorio de la empresa en su informe #99-0752-1217, que se reportó como un bache de prueba de la compactación. Se presentaron al sitio el Sr. Róger Arroyo por Vieto & Asoc., y el Sr. Luis Carlos Gómez por la constructora MECO. Los resultados de esta visita fueron los siguientes:

1. No se pudo corroborar ninguno de los datos porque no se habían colocado marcas en el pavimento en los supuestos 10 puntos de medición según lo que indicaba el reporte. El personal del laboratorio dijo que en esa fecha no sabían que tenían que marcar los puntos sobre el pavimento y por eso no se hizo así. Se preguntó si había otro bache de prueba marcado donde se pudieran corroborar los datos y se nos dijo que todavía no han marcado baches en la forma que se les explicó. Se preguntó sobre la profundidad de medición y no sabían sobre esto.

2. Para no desaprovechar la visita, se procedió a tomar tres puntos de medición de densidad a 5 cm de profundidad en el mismo sitio que aparece como bache de prueba en el reporte mencionado (o sea unos 100 metros al este del restaurante Panchos, carril derecho). Se escogieron puntos en forma determinística, uno en una zona de textura porosa por donde se apreciaba agua atrapada en el pavimento, el segundo en una zona de textura intermedia y el tercero en una zona aparentemente densa y de superficie lisa. Los tres puntos quedaron señalados en el pavimento con pintura, según el detalle de la Figura 1.

Figura No.1
Ubicación de puntos
100 este restaurante
Panchos, Zapote



3. Las determinaciones de densidad se hicieron con el procedimiento siguiente:

a. En cada punto se hicieron medidas sin arena en la superficie por parte de ambos laboratorios. En cada caso se tomaron dos lecturas colocando el aparato en forma longitudinal y dos lecturas en posición transversal (respecto al eje de la calle).

b. Luego se tomaron mediciones con arena superficial para cerrar la textura. Ambos laboratorios tomaron sus medidas de dos posiciones (igual que en a).

c. El laboratorio privado extrajo un núcleo en el punto #1 y el punto #3, después de hacer las mediciones con densímetro. El Lanamme extrajo un núcleo en el punto #2 y un bloque del pavimento en este sitio. Estos resultados se comentan más adelante.

4. Los resultados de las mediciones con densímetro y núcleos realizadas el día 8 de mayo son los siguientes:

Tabla No. 1 Textura de puntos de medición

Punto de medición No.	Textura observada
#1	Rugosa con poros
#2	Media
#3	Lisa

Tabla No. 2 Resultados de medición conjunta con densímetro nuclear

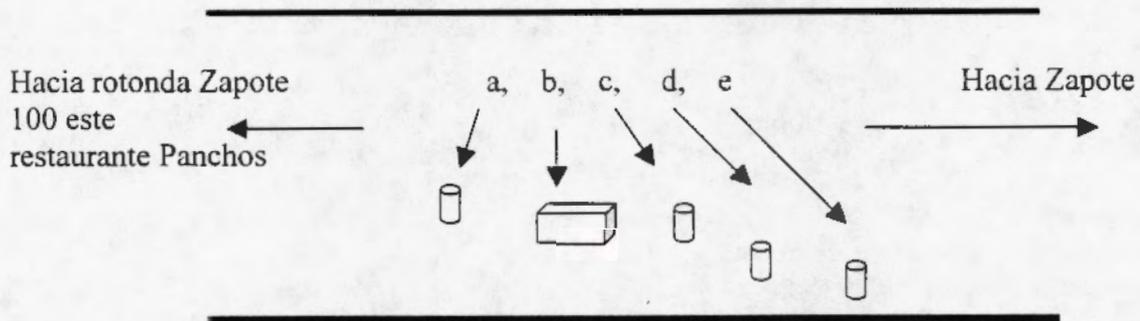
Punto	Descripción / Densidades =>	Lanamme sin arena (Kg/m3)	Vieto sin arena (Kg/m3)	Lanamme con arena	Vieto con arena
#1	Medida 1	2030	2089	2195	2147
	Medida 2	2053	2068	2172	2142
	Medida 3	1993	2090	2138	2130
	Medida 4	1992		2154	2123
	Promedio	2017	2082	2165	2136
	Grado compactación			91.6%	90.4%
	Diferencia absoluta			base	-29
	Diferencia relativa			base	-1.3%
#2	Medida 1	2105	2041	2182	2092
	Medida 2	2090	2088	2177	2096
	Medida 3	2103	2078	2154	2151
	Medida 4	2122		2157	2128
	Promedio	2105	2069	2168	2117
	Grado compactación			91.7%	89.6%
	Diferencia absoluta			base	-51
	Diferencia absoluta			base	-2.3%
#3	Medida 1	2194	2144	2208	2182
	Medida 2	2205	2157	2213	2182
	Medida 3	2257	2177	2234	2169
	Medida 4	2249		2233	
	Promedio	2226	2159	2222	2178
	Grado compactación			94%	92.2%
	Diferencia absoluta			Base	-44
	Diferencia relativa			base	-1.9%

Nota: El grado de compactación se determina comparando la densidad medida con el valor de 2363 Kg/m3 que fue reportado por el informe de diseño de mezcla.

5. Resultados de la extracción de núcleos

El Lanamme extrajo cuatro núcleos cercanos al sitio de mediciones y uno correspondiente al punto #2 de mediciones. Adicionalmente se extrajo un bloque de mezcla de 25 x 25 cm de área para analizar las propiedades de la mezcla. En la Figura No. 2 se presenta el esquema de ubicación de los núcleos extraídos.

Figura No. 2
Ubicación de extracción de testigos



El punto "d" coincide con el punto #2 donde se midió el día 8 de mayo de 1999.

En la Tabla No.3 se resumen los datos obtenidos en este análisis.

Tabla No. 3 Compactación en sitio obtenida de la extracción de núcleos

Punto	Gbs (gravedad específica)	Grado de compactación (%)
A	2237 Kg/m ³	93.9%
B	2218	94.7%
C	2220	93.9%
D	2189	92.6%
E	2249	95.2%
promedio	2222	94.1%

Los datos de compactación se acomodan de acuerdo a una distribución de tipo normal, en cuyo caso el promedio establece aproximadamente que la mitad de los valores medidos están por debajo del promedio y la otra mitad por encima de este.

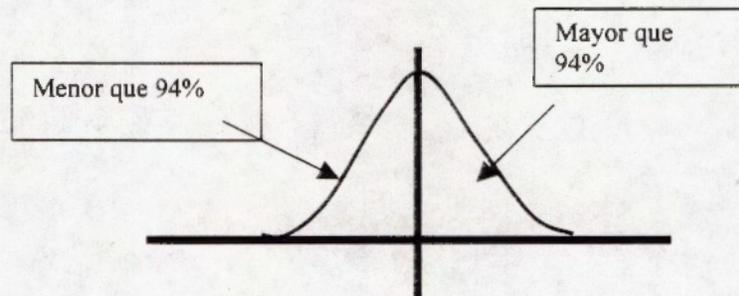
6. El informe del laboratorio privado del contratista, No. 99-0752-1217, así como los informes que reporta ese mismo laboratorio, nunca indican la profundidad de medición con densímetro. Esto puede significar que se lean datos de densidad de la capa existente de pavimento y no solamente de la capa nueva.

La respuesta de incertidumbre que dieron los técnicos del laboratorio privado respecto a la profundidad de medición de la compactación, es coincidente con el punto anterior.

6i) Tampoco se reportan en los informes del laboratorio privado, las verificaciones que se hacen de las lecturas de densímetro mediante los valores de testigos perforados en el pavimento. Vale la pena aclarar que el Lanamme ha analizado que es necesario extraer un núcleo cada 4 mediciones de densímetro con el propósito de mantener una estricta correlación entre los resultados de ambos procedimientos.

6ii) Al determinar la compactación por medio de núcleos se obtiene un 94%. Según se señaló, estos datos deben tener una distribución normal y por lo tanto, la mitad de los datos de la capa son inferiores a 94% y la otra mitad son mayores que este valor. Esto se representa gráficamente en la Figura No. 3

Figura No. 3
Distribución
de datos de compactación



6iii) De los datos obtenidos en este trabajo, no se puede asegurar que el tramo analizado es aceptable como tramo de prueba de la compactación.

En la página siguiente se presentan los datos de los núcleos extraídos del pavimento.

Universidad de Costa Rica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Programa de Mantenimiento Rutinario de Carreteras
Resultado de Verificación de Compactación en Sitio

Nucleo	Pseco	Psss	Psum	Volumen	Gbs	Pbandeja	Ps band+nucleo
1262A	891.2	917.4	518.5	398.9	2.227	46.5	937.7
B	915.8	942.8	529.5	413.3	2.209	55.5	971.3
1263(1)	894.6	912.4	513.7	398.7	2.237	48.3	942.9
2	850.2	881.2	499.3	381.9	2.220	47.2	897.4
3	865.1	884.8	490.7	394.1	2.189	47.2	912.3
4	865.2	879.4	495.9	383.5	2.249	48.1	913.3

Muestra 1262A: Corresponde a los núcleos extraídos del bloque de mezcla asfáltica colocada en sitio

Muestra 1263A: Corresponde a los núcleos extraídos en varios puntos (ver esquema)

